

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2002082999 A

(43) Date of publication of application: 22.03.02

(51) Int. Cl

G06F 17/50  
G06F 19/00

(21) Application number: 2000271203

(71) Applicant: SHARP CORP

(22) Date of filing: 07.09.00

(72) Inventor: KASUGA KUMIKO  
OTANI YUSUKE

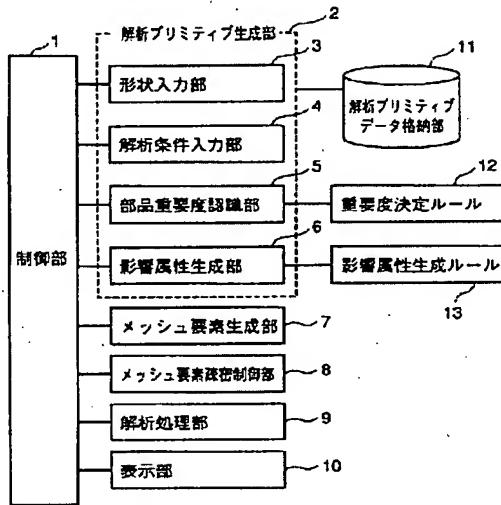
(54) ANALYSIS DEVICE, ANALYSIS METHOD AND  
RECORDING MEDIUM WITH ANALYSIS  
PROGRAM RECORDED THEREON

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an analysis device which has improved analysis accuracy and shortened analysis time by dividing a mesh element for which an analysis condition is considered.

SOLUTION: An analyses primitive generating part 2 extracts the importance of parts, which corresponds to the type of analysis, and an influence attribute showing influence among the parts based on the analysis condition including the boundary condition of the parts and generates an analysis primitive. A mesh element coarse/fine control part 8 arranges the analysis primitive which is mesh-divided by a mesh element generating part 7, and controls the coarse/ fine of the mesh element based on the significance and the influence attribute of the parts. Thus, the mesh element can be divided by considering the analysis condition and an analysis processing part 9 performs analysis by using the mesh element. Thus, the analysis accuracy is improved and the analysis time can be shortened.



(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-82999

(P2002-82999A)

(43)公開日 平成14年3月22日 (2002.3.22)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

G 06 F 17/50  
19/00

識別記号

6 1 2  
1 1 0

F I

G 06 F 17/50  
19/00

テマコード(参考)

6 1 2 J 5 B 0 4 6  
1 1 0 5 B 0 4 9

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願2000-271203(P2000-271203)

(22)出願日 平成12年9月7日 (2000.9.7)

(71)出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72)発明者 春日 久美子

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤープ株式会社内

(72)発明者 大谷 純介

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤープ株式会社内

(74)代理人 100064746

弁理士 深見 久郎

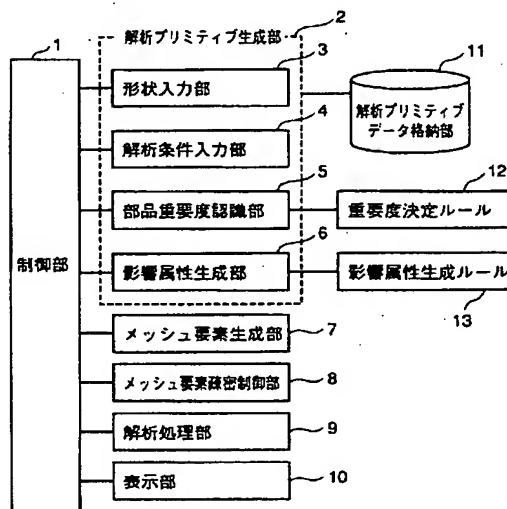
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 解析装置、解析方法および解析プログラムを記録した記録媒体

(57)【要約】

【課題】 解析条件を考慮したメッシュ要素分割を行なうことにより、解析精度の向上および解析時間の短縮を図ることが可能な解析装置を提供すること。

【解決手段】 解析プリミティブ生成部2は、部品の境界条件を含んだ解析条件に基づいて解析の種類に応じた部品の重要度と部品間の影響を表わす影響属性とを抽出し、解析プリミティブを生成する。また、メッシュ要素疎密制御部8は、メッシュ要素生成部7によってメッシュ分割された解析プリミティブを配置し、部品の重要度および影響属性に基づいてメッシュ要素の疎密制御を行なう。したがって、解析条件を考慮したメッシュ要素分割を行なうことができ、解析処理部9がそのメッシュ要素を用いて解析することにより解析精度の向上および解析時間の短縮を図ることが可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 複数の部品を含む製品を解析する解析装置であって、部品の境界条件を含んだ解析条件に基づいて、解析の種類に応じた部品の重要度と部品間の影響を表わす影響属性とを抽出し、解析プリミティブを生成するための解析プリミティブ生成手段と、部品の形状データおよび前記影響属性に基づいて、前記解析プリミティブ生成手段によって生成された解析プリミティブを分割してメッシュ要素を生成するためのメッシュ要素生成手段と、前記メッシュ要素生成手段によってメッシュ分割された解析プリミティブを配置し、前記部品の重要度および前記影響属性に基づいて、メッシュ要素の疎密制御を行なうためのメッシュ要素疎密制御手段と、前記メッシュ要素疎密制御手段によって疎密制御された後の解析プリミティブを用いて解析するための解析手段とを含む、解析装置。

【請求項2】 前記解析プリミティブ生成手段は、前記部品の形状データを入力するための形状入力手段と、前記解析条件を入力するための解析条件入力手段と、前記解析条件入力手段によって入力された解析条件に基づいて、前記部品の重要度を認識するための重要度認識手段と、前記解析条件入力手段によって入力された解析条件に基づいて、前記影響属性を生成するための影響属性生成手段と、前記部品の形状データ、前記解析条件および前記影響属性を解析プリミティブとして格納するための解析プリミティブ格納手段とを含む、請求項1記載の解析装置。

【請求項3】 前記重要度認識手段は、解析の種類に対応する解析条件に応じて重要度が定められた重要度決定ルールを参照して、前記重要度を認識する、請求項2記載の解析装置。

【請求項4】 前記影響属性生成手段は、前記形状データの形状要素毎に、他部品に影響を与える範囲を表わす影響範囲および影響を与える度合いを表わす影響度が定められた影響属性生成ルールを参照して、前記影響属性を生成する、請求項2または3記載の解析装置。

【請求項5】 前記影響属性生成手段は、前記影響属性ルールを参照して、立体、面、稜線、頂点またはそれらの組合せに対して前記影響範囲および前記影響度を設定する、請求項4記載の解析装置。

【請求項6】 前記影響属性生成手段は、前記形状データの形状要素を含む最大矩形の相似立体を前記影響範囲に設定する、請求項4または5記載の解析装置。

【請求項7】 前記影響属性生成手段は、前記最大矩形からのオフセット量の関数を前記影響度に設定する、請求項6記載の解析装置。

【請求項8】 前記影響属性生成手段は、前記形状データの形状要素を含む外接球を前記影響範囲に設定する、請求項4または5記載の解析装置。

タの形状要素を含む外接球を前記影響範囲に設定する、請求項4または5記載の解析装置。

【請求項9】 前記影響属性生成手段は、前記外接球の半径の関数を前記影響度に設定する、請求項8記載の解析装置。

【請求項10】 前記影響属性ルールはさらに変化率を含み、前記影響属性生成手段は、前記変化率に基づいて前記影響度を変化させる、請求項7または9記載の解析装置。

10 【請求項11】 前記メッシュ要素疎密制御手段は、影響範囲の重なる部品の重要度を比較し、重要度の高い部品の影響を重要度の低い部品のメッシュ要素サイズに反映させるようにメッシュ要素分割を制御する、請求項4～10のいずれかに記載の解析装置。

【請求項12】 複数の部品を含む製品を解析する解析方法であって、部品の境界条件を含んだ解析条件に基づいて、解析の種類に応じた部品の重要度と部品間の影響を表わす影響属性とを抽出し、解析プリミティブを生成するステップと、

20 部品の形状データおよび前記影響属性に基づいて、前記生成された解析プリミティブを分割してメッシュ要素を生成するステップと、前記メッシュ分割された解析プリミティブを配置し、前記部品の重要度および前記影響属性に基づいて、メッシュ要素の疎密制御を行なうステップと、前記疎密制御された後の解析プリミティブを用いて解析するステップとを含む、解析方法。

【請求項13】 複数の部品を含む製品を解析する解析方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータで読取可能な記録媒体であって、前記解析方法は、部品の境界条件を含んだ解析条件に基づいて、解析の種類に応じた部品の重要度と部品間の影響を表わす影響属性とを抽出し、解析プリミティブを生成するステップと、

部品の形状データおよび前記影響属性に基づいて、前記生成された解析プリミティブを分割してメッシュ要素を生成するステップと、

前記メッシュ分割された解析プリミティブを配置し、前記部品の重要度および前記影響属性に基づいて、メッシュ要素の疎密制御を行なうステップと、前記疎密制御された後の解析プリミティブを用いて解析するステップとを含む、コンピュータで読取可能な記録媒体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、解析（シミュレーション）を実行する際に使用される解析プリミティブの生成技術に関し、特に、解析精度を向上させるようにメッシュ要素の疎密制御を行なって解析を行なう解析装

置、解析方法および解析プログラムを記録した記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ノート型パーソナルコンピュータ（以下、ノート型パソコンと略す）等のように製品開発のサイクルが短縮化され、その信頼性を迅速に確認するために解析（シミュレーション）が広く利用されている。一般に、解析対象となる製品は複数の部品が積み重なった階層構造を有し、各部品の力学的特性等を把握する必要があるため、部品毎にその材質や境界条件を設定して作成された解析プリミティブを用いた解析装置が使用されている。

【0003】図15は、従来の解析プリミティブを用いた解析装置の処理手順を説明するためのフローチャートである。まず、解析対象となる製品の各部品毎に形状が入力される（S41）。そして、部品毎の材質や境界条件が設定されて（S42）、解析プリミティブが作成される（S40）。複数部品によって構成される製品全体の解析を行なうために、部品毎に形状、材質および境界条件が設定されて解析プリミティブが作成され、それらの解析プリミティブが組合されて製品全体の解析プリミティブが作成される。

【0004】次に、生成された解析プリミティブが実際の製品と等価となるように配置され、解析プリミティブが小さなエレメントに分割されて、メッシュ要素（メッシュモデル）が生成される（S43）。そして、解析に必要な熱伝達係数、発熱量等の解析条件がメッシュ要素に設定されて、解析処理が実行される（S44）。最後に、解析結果が表示画面に表示されて処理が終了する。

【0005】メッシュモデルには、汎用的な有限要素モデルや差分格子モデル、境界要素モデルなどがあり、たとえば製品の発熱状態に応じた温度分布を解析する3次元熱流体シミュレーション手法においては、物体の周囲に流れる熱の挙動を3次元の格子を用いて解析するのが一般的である。

【0006】この3次元格子の作成方法として、各物体の頂点をキーポイントとして直交格子を自動的に発生させた後、設計者が要素分割数を指定したり、注目すべき部分を指示することにより、直交格子を細分化する。逆に、発熱源の影響をほとんど受けないと判断される部分や、注目する必要のない部分を指定して、その部分については計算に必要な格子を発生させない等のメッシュ要素の疎密制御が行なわれる。また、複数部品からなる製品の解析を行なう場合には、個々の部品のメッシュサイズをそれら部品が接する面（接合面）で同じ大きさに調整される。

【0007】現在、これらメッシュ要素を効率よく生成することによって、計算速度および計算精度の向上が図られているが、個々の部品が重要であるか否か、直交格子を細分化するか無視するか等の判断は、設計者の経験

に頼られていた。

【0008】また、ノート型パソコンに代表されるように、コンパクト化が要求される製品の場合、CPU（Central Processing Unit）のようにサイズが小さく発熱量が大きい部品などは、その部品自体の要素サイズのみでなく、近傍の部品の要素サイズについても整合をとる必要がある。すなわち、各部品の接合面に対してのみ要素サイズが小さい方のメッシュに合わせ込む処理を行うと、解析精度に不具合が生じる場合がある。たとえば、放熱解析においては、発熱体の接触面から他の物体へ放射状に伝搬される熱の流れを考慮する必要があり、接合している部分のみではなく、その接合面を含む水平方向および垂直方向の近傍まで影響を受けるため、メッシュ要素を細かくして計算精度を上げる必要がある。

【0009】この問題点を解決する技術として、たとえば特開平7-129634号公報に開示された発明がある。この発明は、形状モデルの形状要素に対して、形状要素からの距離と接点の密度分布との関数（メッシュ疎密分布関数）を入力し、この関数に基づいて形状モデルに接点を発生させ、この接点に基づいて有限要素メッシュモデルを生成する。そして、メッシュ疎密分布関数が指定された複数の形状モデルを重ね合せて、メッシュの疎密分布の制御が行なわれる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来技術において説明した解析方法においては、複数の部品を含んだ製品を解析する場合、メッシュ要素分割の疎密制御は単に幾何的なメッシュ要素サイズおよび分割数の整合をとる方法で行なわれ、各部品に設定された解析条件が考慮されていない。そのため、解析上重要な部分にメッシュ分割がなされていない、メッシュ要素サイズが極端に変化して微妙な温度の変化が評価できない等の不具合が生じるという問題点があった。

【0011】また、2つの隣接する解析プリミティブのメッシュ要素サイズが極端に異なる場合に、接合面のみのメッシュ要素サイズの整合処理を行なうと、その部分の計算精度が低下するとともに、解析結果を表示する際にメッシュノード単位しか表示されないため、注目すべき部品の近傍の詳細な結果が得られないという問題点があった。

【0012】たとえば、放熱解析を行なう場合、他物体への熱の伝播は接合面の垂直方向のみではなく面方向にも放射状に伝わるため、解析に重要となる範囲は接合面を含む近傍であり、その部分の計算精度を上げるためにメッシュ要素サイズを小さくする必要がある。また、放熱解析等の流体を扱う解析の場合、物体どうしの関係に限らず、物体外部への影響を計算する必要がある。そのため、空気層も同様にメッシュ要素に分割する必要があり、物体間のメッシュ要素サイズの整合をとるだけでは十分な解析精度を得ることができない。

【0013】また、解析上注目すべき部分を指定してメッシュ要素の分割を制御する方法においては、設計者の経験知識によってメッシュ要素の分割指示が行なわれるため、初心者にはその判断が難しいという問題点があった。

【0014】本発明は、上記問題点を解決するためになされたものであり、第1の目的は、解析条件を考慮したメッシュ要素分割を行なうことにより、解析精度の向上および解析時間の短縮を図ることが可能な解析装置、解析方法および解析プログラムを記録した記録媒体を提供することである。

【0015】第2の目的は、設計者の経験知識に頼ることなく、メッシュ要素分割の疎密制御を自動的に行なうことが可能な解析装置、解析方法および解析プログラムを記録した記録媒体を提供することである。

#### 【0016】

【課題を解決するための手段】本発明のある局面に従えば、解析装置は、複数の部品を含む製品を解析する解析装置であって、部品の境界条件を含んだ解析条件に基づいて、解析の種類に応じた部品の重要度と部品間の影響を表わす影響属性とを抽出し、解析プリミティブを生成するための解析プリミティブ生成手段と、部品の形状データおよび影響属性に基づいて、解析プリミティブ生成手段によって生成された解析プリミティブを分割してメッシュ要素を生成するためのメッシュ要素生成手段と、メッシュ要素生成手段によってメッシュ分割された解析プリミティブを配置し、部品の重要度および影響属性に基づいて、メッシュ要素の疎密制御を行なうためのメッシュ要素疎密制御手段と、メッシュ要素疎密制御手段によって疎密制御された後の解析プリミティブを用いて解析するための解析手段とを含む。

【0017】メッシュ要素疎密制御手段は、部品の重要度および影響属性に基づいて、メッシュ要素の疎密制御を行なうので、解析条件を考慮したメッシュ要素分割を行なうことができ、そのメッシュ要素を用いて解析することにより解析精度の向上および解析時間の短縮を図ることが可能となる。また、メッシュ要素疎密制御手段は、部品の重要度および影響属性に基づいて、メッシュ要素の疎密制御を行なうので、設計者の経験知識に頼ることなくメッシュ要素の疎密制御を行なうことが可能となる。

【0018】好ましくは、解析プリミティブ生成手段は、部品の形状データを入力するための形状入力手段と、解析条件を入力するための解析条件入力手段と、解析条件入力手段によって入力された解析条件に基づいて、部品の重要度を認識するための重要度認識手段と、解析条件入力手段によって入力された解析条件に基づいて、影響属性を生成するための影響属性生成手段と、部品の形状データ、解析条件および影響属性を解析プリミティブとして格納するための解析プリミティブ格納手段

とを含む。

【0019】部品の形状データ、解析条件および影響属性が解析プリミティブとして格納されるので、任意の解析においてこの解析プリミティブを利用することができる。

【0020】さらに好ましくは、重要度認識手段は、解析の種類に対応する解析条件に応じて重要度が定められた重要度決定ルールを参照して、重要度を認識する。

【0021】したがって、重要度決定ルールが予め作成されていれば、経験の浅い設計者であっても、解析を行なうことが可能となる。

【0022】さらに好ましくは、影響属性生成手段は、形状データの形状要素毎に、他部品に影響を与える範囲を表わす影響範囲および影響を与える度合いを表わす影響度が定められた影響属性生成ルールを参照して、影響属性を生成する。

【0023】したがって、影響属性生成ルールが予め作成されていれば、経験の浅い設計者であっても、解析を行なうことが可能となる。

【0024】さらに好ましくは、影響属性生成手段は、影響属性ルールを参照して、立体、面、稜線、頂点またはそれらの組合せに対して影響範囲および影響度を設定する。

【0025】したがって、解析の種類に応じたメッシュ要素の疎密制御を行なうことができ、解析精度をさらに向上させることができ可能となる。

【0026】さらに好ましくは、影響属性生成手段は、形状データの形状要素を含む最大矩形の相似立体を影響範囲に設定する。

【0027】さらに好ましくは、影響属性生成手段は、最大矩形からのオフセット量の関数を影響度に設定する。

【0028】さらに好ましくは、影響属性生成手段は、形状データの形状要素を含む外接球を影響範囲に設定する。

【0029】さらに好ましくは、影響属性生成手段は、外接球の半径の関数を影響度に設定する。

【0030】さらに好ましくは、影響属性ルールはさらに変化率を含み、影響属性生成手段は、変化率に基づいて影響度を変化させる。

【0031】したがって、影響度が解析プリミティブからの距離等によって変化する場合であっても、精度の高い解析が行なえるようになる。

【0032】さらに好ましくは、メッシュ要素疎密制御手段は、影響範囲の重なる部品の重要度を比較し、重要度の高い部品の影響を重要度の低い部品のメッシュ要素サイズに反映させるようにメッシュ要素分割を制御する。

【0033】したがって、注目すべき部分のみメッシュ要素を細かく分割することができ、解析精度の向上およ

び解析時間の短縮を図ることが可能となる。

【0034】本発明の別の局面に従えば、複数の部品を含む製品を解析する解析方法であって、部品の境界条件を含んだ解析条件に基づいて、解析の種類に応じた部品の重要度と部品間の影響を表わす影響属性とを抽出し、解析プリミティブを生成するステップと、部品の形状データおよび影響属性に基づいて、生成された解析プリミティブを分割してメッシュ要素を生成するステップと、メッシュ分割された解析プリミティブを配置し、部品の重要度および影響属性に基づいて、メッシュ要素の疎密制御を行なうステップと、疎密制御された後の解析プリミティブを用いて解析するステップとを含む。

【0035】部品の重要度および影響属性に基づいて、メッシュ要素の疎密制御を行なうので、解析条件を考慮したメッシュ要素分割を行なうことができ、そのメッシュ要素を用いて解析することにより解析精度の向上および解析時間の短縮を図ることが可能となる。また、部品の重要度および影響属性に基づいて、メッシュ要素の疎密制御を行なうので、設計者の経験知識に頼ることなくメッシュ要素の疎密制御を行なうことが可能となる。

【0036】本発明のさらに別の局面に従えば、複数の部品を含む製品を解析する解析方法をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータで読み取可能な記録媒体であって、解析方法は、部品の境界条件を含んだ解析条件に基づいて、解析の種類に応じた部品の重要度と部品間の影響を表わす影響属性とを抽出し、解析プリミティブを生成するステップと、部品の形状データおよび影響属性に基づいて、生成された解析プリミティブを分割してメッシュ要素を生成するステップと、メッシュ分割された解析プリミティブを配置し、部品の重要度および影響属性に基づいて、メッシュ要素の疎密制御を行なうステップと、疎密制御された後の解析プリミティブを用いて解析するステップとを含む。

【0037】部品の重要度および影響属性に基づいて、メッシュ要素の疎密制御を行なうので、解析条件を考慮したメッシュ要素分割を行なうことができ、そのメッシュ要素を用いて解析することにより解析精度の向上および解析時間の短縮を図ることが可能となる。また、部品の重要度および影響属性に基づいて、メッシュ要素の疎密制御を行なうので、設計者の経験知識に頼ることなくメッシュ要素の疎密制御を行なうことが可能となる。

【0038】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の実施の形態における解析装置の概略構成を示すブロック図である。この解析装置は、キーボードやマウス等によって構成される入力部20と、ディスプレイやプリンタ等によって構成される出力部22と、入力部20および出力部22との間にデータの入出力を行なうI/O(Input/Output)デバイス21と、FD(Floppy Disk)やCD-ROM(Compact Disc-Read Only Memory)等の記録媒体23と、

記録媒体23が着脱自在に装着され、記録媒体23に対するデータの書き込みおよび読み出しを行なう外部記憶ドライバ24と、解析装置全体の制御を行なうCPU(Central Processing Unit)25と、各種プログラムおよび各種データが格納されるROM(Read Only Memory)26、インターネット等の外部の通信ネットワーク29との間の通信接続を行なう通信デバイス27と、処理に必要となるデータが一時的に格納されるRAM(Random Access Memory)28と、ハードディスク30とを含む。

【0039】解析プリミティブ生成および解析処理のためのプログラム(以下、解析プログラムと呼ぶ。)は、記録媒体23によって供給される。この記録媒体23に記録された解析プログラムは、CPU25によって外部記憶ドライバ24を介して一旦ハードディスク30に格納される。CPU25は、ハードディスク30から適宜解析プログラムをRAM28にロードして実行することによって解析プリミティブ生成および解析処理を行なう。また、解析プログラムは他のコンピュータより通信ネットワーク29を経由して供給されてもよい。

【0040】図2は、本発明の実施の形態における解析装置の機能的構成を説明するための図である。解析装置は、解析装置の全体的な制御を行なう制御部1と、解析プリミティブ生成部2と、メッシュ要素生成部7と、メッシュ要素疎密制御部8と、解析処理部9と、表示部10と、解析プリミティブデータ格納部11と、重要度決定ルール12と、影響属性生成ルール13とを含む。また、解析プリミティブ生成部2は、形状入力部3と、解析条件入力部4と、部品重要度認識部5と、影響属性生成部6とを含む。

【0041】図3は、図2に示す解析装置の処理手順を説明するためのフローチャートである。まず、オペレータは形状入力部3に解析対象物の形状を入力する(S31)。解析対象物は、形状データとして形状要素を用いて定義されている。形状要素とは、解析対象物の形状を表現する頂点、稜線、面およびそれらからなる立体を意味している。次に、オペレータは、形状入力部3に入力された形状データの形状要素に対して、材質を定義し、解析計算に必要な境界条件を設定する(S32)。

【0042】従来の解析装置においては、形状データと解析条件とのみが解析プリミティブとして定義されていた。本実施の形態における解析装置においては、解析プリミティブの属性として形状データおよび解析条件の他に、他部品へ与える影響を考慮した影響属性が設定される。ステップS33およびS34において、この影響属性が設定される。

【0043】解析重要度認識部5は、各部品の重要度を認識する(S33)。この重要度とは、目的の解析に重要な役割を持つ解析条件が設定された場合に、放熱解析、応力解析等、解析の種類に応じて、その部品に設定される値であり、部品重要度認識部5が、重要度が定義

された重要度決定ルール12を用いて決定する。

【0044】図4は、重要度決定ルール12の一例を示す図である。この重要度決定ルール12は、解析種類51と、重要部品候補52と、解析条件53と、主要部品例54と、設定形状要素55と、重要度56とを含む。

【0045】解析種類51は、解析目的毎に注目すべき部品や解析条件が異なるため、それぞれの目的に応じて判断するための分類を示すものである。たとえば、放熱解析においては各部品の温度分布の計算が重要な目的であるため、発熱部品や放熱部品に着目する必要があり、応力解析においては部品の応力やひずみが重要であるため、荷重を与える部品とその荷重による影響に着目する必要がある。

【0046】重要部品候補52は、各解析目的にとって注目すべき現象の発生源となる部品を機能で分類したものであり、たとえば放熱解析においては注目すべき機能部品は発熱部品と放熱部品である。解析条件53は、注目すべき部品を自動的に認識するための条件であり、たとえば発熱量設定されている部品は発熱部品であると判断される。

【0047】主要部品54は、各注目部品の代表的な部品例を挙げたものである。たとえば、ノート型パソコンの放熱解析の場合、主な発熱部品としてCPU、電源、メモリ等が挙げられ、放熱対策部品である放熱部品としてヒートパイプ、放熱板、ファン等が挙げられる。設定形状要素55は、解析条件53が設定される形状要素とその影響が及ぶ範囲とを設定するための形状が記述される。

【0048】これらの解析部品は、解析の目的に応じて解析条件に対する重要度56が設定されている。たとえば、放熱解析においては発熱部品が放熱部品よりも重要度が高く設定されており、重要度決定ルール12に記述されていない筐体部品等は重要度が最も低く設定されている。

【0049】図4に示す項目のうち、解析種類51、解析条件53および重要度56が部品重要度認識部5によって用いられる。また、重要度56は、後述する各部品のメッシュ要素分割や解析プリミティブの組合せ配置による各部品間で影響を受ける順位、または影響を与える順位を決定するために用いられる。図4においては、重要度の高い順に1、2とするが、このテーブルに出現する順序で重要度を表わすようにしても良い。また、各解析プリミティブに簡易的な解析計算を行なって、各解析プリミティブの重要度を決定するようにしても良い。

【0050】2つ以上の解析プリミティブ間の影響順位を決定する重要度は、他の解析プリミティブのメッシュ要素疎密制御や物性値に影響を与える解析プリミティブに高い重要度が設定されるが、逆に解析の種類および解析条件によっては他物体から影響を全く受けないと判断される場合には、重要度が最高レベルに設定され、他物

体からの影響を受けないようにされる。

【0051】また、解析の種類によっては、異なる解析条件に対して同じレベルの重要度が設定される場合があるが、同じ重要度の部品どうしの場合にはメッシュ要素サイズの小さい方のモデルの重要度が高いと判断され、メッシュ要素サイズの大きい方のモデルが小さい方のモデルから影響を受けるように処理される。

【0052】次に、影響属性生成部6は、影響属性生成ルール13を参照して影響属性を生成する(S34)。

10 図5は、影響属性生成ルール13の一例を示す図である。影響属性生成ルール13は、形状要素61と、影響範囲62と、影響度の強さ63と、変化率64とを含む。形状要素61は、立体、面、稜線、頂点およびそれらの組合せを含む。

【0053】影響属性生成部6によって生成される影響属性とは、各解析プリミティブの形状要素に対して設定される属性であり、設定された部品の重要度と解析条件とから自動的に生成される。影響範囲62は、各形状要素61が影響を及ぼす領域を表わし、各形状要素61を用いて表わされる。たとえば、形状要素61が“立体”的場合には、影響範囲を表わす形状がその立体を含む「最大矩形の相似立体」となる。そして、影響度の強さは、その立体からの拡大距離(拡大量)で表わされる。なお、拡大距離を含む影響範囲そのものが、強度を含む影響属性として設定されても良い。

20 【0054】また、影響範囲を表わす形状、たとえば立体の場合には、その立体を含む「最大矩形の相似立体」以外に、「立体の外接球」、または「立体のオフセット立体」としても良く、影響範囲を表わす形状を部品形状の特徴、解析の種類、発熱体などの部品の機能等に対応して自動的に選択したり、オペレータが選択するようにしても良い。

30 【0055】形状要素61が“面”的場合には、影響範囲を表わす形状が「面の法線方向」を高さとする立体となり、影響度の強さは面からの距離で表わされる。形状要素61が“稜線”的場合には、影響範囲を表わす形状が「稜線を中心軸とする円柱」となり、稜線からの距離で影響度の強さが表わされる。また、形状要素61が“頂点”的場合には、影響範囲を表わす形状が「頂点を中心とする球」となり、頂点からの距離で影響度の強さが表わされる。

40 【0056】1つの部品が複数の部品が組合されて構成される、いわゆる組部品(アセンブリ)として定義される場合には、組部品全体を1つの解析プリミティブとして扱い、組部品を1つの立体として各立体、面、稜線および頂点に対して影響属性が設定される。

【0057】変化率64は、影響範囲内の影響度の変化を表わす値である。たとえば、放熱解析の場合には、発熱体の影響は距離に応じて変化することが知られており、変化率64は発熱体からの距離の関数で表わされ

る。以上の定義を行なったものを解析プリミティブと呼ぶ。

【0058】解析プリミティブ生成部2は、生成した解析プリミティブデータを一旦解析プリミティブデータ格納部11に格納する(S35)。解析プリミティブデータ格納部11に格納された解析プリミティブは、別の解析時において読み出されて利用されても良い。

【0059】次に、メッシュ要素生成部7は、解析プリミティブのメッシュ要素分割を行なう(S36)。メッシュ要素生成部7は、解析プリミティブの各形状要素に設定された解析条件から判断された重要度と影響属性とを考慮してメッシュ分割を行なう。一般的な3次元CAD(Computer Aided Design)システムにおいては、ソリッドモデルを自動分割する機能が搭載されており、それをを利用して予めメッシュ分割した後、形状要素に設定された影響属性から後述する解析プリミティブ内のメッシュ要素疎密制御を行なうようにしても良い。

【0060】次に、製品全体として解析を行なうために、メッシュ分割された解析プリミティブの部品配置が行なわれる。

【0061】次に、メッシュ要素疎密制御部8は、解析プリミティブの形状要素に設定された影響範囲どうしが重なる部品が存在する場合、それらの解析プリミティブの重要度を比較し、重要度の高い解析プリミティブの影響範囲内に存在する重要度の低い解析プリミティブのメッシュ要素に対して疎密制御を行なう(S37)。

【0062】次に、解析処理部9は、解析条件入力部4に入力された形状要素の材質および境界条件から、解析に必要な熱伝達係数、発熱量等の条件を抽出し、メッシュ要素疎密制御部8によって疎密制御された後のメッシュ要素に設定して解析(シミュレーション)を実行する(S38)。最後に、表示部10は、解析処理部9によって行なわれた解析結果を表示して(S39)、処理を終了する。オペレータは、この表示された解析結果を確認し、必要に応じて再度メッシュ要素の疎密制御を繰り返し行なう。

【0063】図6～図14は、解析処理の一例として、2つの解析プリミティブを配置して、放熱解析を行なう場合のメッシュ要素疎密制御処理の手順を説明するための図である。図6は、解析対象となる2つの解析プリミティブを示す図である。解析プリミティブA71の形状データには、立体全体に対する発熱量と熱伝導率とが設定されている。また、解析プリミティブB72には、立体全体に対する熱伝導率のみが設定されている。

【0064】解析プリミティブA71には発熱量が設定されているので、図4に示す重要度決定ルールによって発熱体であると判断され、解析プリミティブA71に重要度“1”が設定される。解析プリミティブB72には熱伝導率のみが設定されており、図4に示す重要度決定ルールに重要部品として登録されていないため、重要度

として最も低い値が設定される。なお、解析プリミティブB72と、熱伝導率のみが設定された他部品とが比較される場合は、熱伝導率の値が比較されて値の大きい解析プリミティブの方が重要度が高いと判断される。

【0065】上述したように、重要度決定ルール12は、解析種類51とその物性値または境界条件等の解析条件53との組合せによって、重要度56を決定するために予め定められたルールである。たとえば、放熱解析の場合には、発熱体が最も重要度が高く、放熱部品がその後に重要な部品として定義されている。その他の解析、たとえば応力解析、熱応力解析、圧縮解析、落下衝撃解析等についても各解析の目的によって重要部品が定義され、重要度の決定の際にその重要度決定ルールが利用される。

【0066】この重要度決定ルール12は、経験者が事前に設定することも可能であるが、重要度が不明の場合には従来の解析方法で簡易解析を行ない、その解析結果に基づいて注目すべき部品に対して重要度を設定するようにも良い。

【0067】次に、影響属性生成部6は、解析プリミティブA71の影響属性を生成する。解析プリミティブA71については、立体に解析条件として発熱量および熱伝導率が設定されているため、影響範囲は立体を含む最大矩形の相似形状となり、影響度の強さは、たとえば拡大距離をdとするとき、 $d = F(q, s_1)$ で表わされる。すなわち、qを発熱量、s1を形状データサイズとすると、dはqとs1との関数Fで表わされる。ここで、変化率r1=k1、k1は定数とする。

【0068】解析プリミティブB72については、同様に立体に解析条件として熱伝導率が設定されているため、影響範囲は立体を含む最大矩形の相似形状となり、影響度の強さは、たとえば拡大距離をd2とするとき、 $d_2 = F_2(t, s_2)$ で表わされる。すなわち、tを熱伝達係数、s2を形状データサイズとすると、d2はtとs2との関数F2で表わされる。ここで、変化率r2=k2、k2は定数とする。

【0069】関数FおよびF2は、設計者によって適切な関数が定義される。次に、メッシュ要素生成部7は、解析プリミティブA71およびB72をそれぞれメッシュ要素に分割する。ここでは、放熱解析を目的としているため、差分法によって解析プリミティブを矩形にメッシュ要素分割する場合を示す。なお、メッシュ要素分割された後の解析プリミティブをそれぞれ解析プリミティブA81およびB82とする。

【0070】図7は、メッシュ要素に分割された解析プリミティブが配置されるところを示す図である。解析プリミティブB82が既に配置されており、その上に接するように解析プリミティブA81が配置される。解析プリミティブA81は、解析プリミティブB82よりも重要度が高いと判断されており、解析プリミティブB82

よりも形状要素サイズが小さいため、配置前の解析プリミティプA 8 1のメッシュ要素サイズは、解析プリミティプB 8 2のメッシュ要素サイズよりも小さくなっている。なお、配置の順番として解析プリミティプB 8 2を配置した後その上に解析プリミティプA 8 1を配置した場合について説明しているが、本実施の形態における解析処理は配置の順番には依存しない。

【0071】従来の解析装置、すなわち解析プリミティプの属性として影響属性が設定されていない装置の場合、図8に示すように解析プリミティプ9 1と解析プリミティプ9 2との接合面9 3においてのみメッシュ要素サイズの整合がとられる。

【0072】一方、本実施の形態における解析装置によって影響属性が設定される場合、図9 (a) に示すように重要度が高い解析プリミティプ1 5 1を配置する際、それよりも重要度が低い解析プリミティプ1 5 2は解析プリミティプ1 5 1の影響を受けて、たとえば頂点1 5 3に設定された影響属性によって、図9 (b) に示すように影響範囲1 5 4に含まれるメッシュ要素の疎密制御が行なわれる。このように、注目すべき部分のみのメッシュ要素を細かく制御することができ、解析に要する時間の増大を抑えることができるとともに、解析精度を上げることが可能となる。

【0073】図10 (a) および図10 (b) は、解析プリミティプA 1 0 3の立体全体に対して影響属性が設定されているところを示す図である。図10 (a) は、影響範囲を示す形状1 0 1を解析プリミティプA 1 0 3の最大矩形1 0 2の相似形とし、影響度の強さを拡大距離dで定義した場合における解析プリミティプB 1 0 4のメッシュ要素サイズに与える影響を示している。図10 (b) は、影響範囲を示す形状を解析プリミティプA 1 0 3の外接球1 0 5とし、影響度の強さを半径の長さdで定義した場合における解析プリミティプB 1 0 4のメッシュ要素サイズに与える影響を示している。

【0074】たとえば放熱解析の場合、発熱体から発せられた熱は放射上に伝達されることが知られているので、影響範囲を球状に設定する方が実モデルに近いモデルとなる。このように、解析の種類によって影響範囲を設定する形状を選択することが可能である。図10 (a) および図10 (b) のいずれの場合においても、解析プリミティプA 1 0 3の影響範囲内に含まれる解析プリミティプB 1 0 4のメッシュ要素が影響を受け、その部分のメッシュ要素サイズが細分化される。

【0075】また、変化率rが一定ではなく中心からの距離の関数で与えられる場合、メッシュ要素サイズに与える影響は、影響範囲内で中心から遠くなる程影響が小さくなる。図11は、変化率が形状要素(頂点)からの距離の関数で与えられたとき、2つの解析プリミティプを配置した後のメッシュ要素を示す図である。図11 (a) および図11 (b) に示すように、解析プリミテ

イブA 1 4 1の頂点に影響属性が設定されており、影響度1 4 3および変化率1 4 4が設定されている。この解析プリミティプA 1 4 1が解析プリミティプB 1 4 2上に接するように配置されると、影響範囲内で中心から遠くなる程影響が小さくなる。中心からの距離をdとし、影響変化率をrとすると、次式が成り立つ。なお、Kは変更可能な係数であるか、dの関数である。

$$[0076] r = K \times d \quad \dots (1)$$

また、解析プリミティプAのメッシュ要素サイズをLAとすると、解析プリミティプBのメッシュ要素サイズLBは次式によって算出される。

$$[0077] LB = LA \times r \quad \dots (2)$$

図12は、形状要素の面に対して影響属性が設定された場合を示す図である。解析プリミティプA 1 1 3の面1 1 1に影響属性が設定されており、影響範囲は面1 1 1の法線方向と距離dで表わされる範囲1 1 2で表わされる。影響度の強さは距離dによって表わされる。解析プリミティプA 1 1 3を配置した後、影響範囲1 1 2に含まれる解析プリミティプB 1 1 4のメッシュ要素に対して疎密制御が行なわれる。また、解析プリミティプA 1 1 3とB 1 1 4との接合面内に中心を持ち、その接合面に接する外接球を影響範囲とし、影響度の強さを半径rによって表わしても良い。

【0078】図13 (a) および図13 (b) は、形状要素の稜線に対して影響属性が設定された場合を示す図である。解析プリミティプA 1 2 1の稜線1 2 4に影響属性が設定されており、図13 (a) に示すように影響範囲は稜線1 2 4を中心軸とした角柱1 2 3で表わされる。影響度の強さは距離dによって表わされる。また、図13 (b) に示すように影響範囲が稜線1 2 4を中心軸とした円柱1 2 5で表わされるようにしても良い。解析プリミティプA 1 2 1を配置した後、影響範囲1 2 3または1 2 5に含まれる解析プリミティプB 1 2 2のメッシュ要素に対して疎密制御が行なわれる。

【0079】解析対象が放熱部品の場合、解析プリミティプの解析条件として形状要素の面に熱流束条件が与えられ、面の法線方向への熱の流れが計算される。そのとき、メッシュ要素サイズは面の法線方向のみではなく、面を含む近傍のメッシュ要素サイズを小さくする必要がある。そのため、面とその面を構成する稜線との組合せに影響属性が設定され、メッシュ要素の疎密制御が行なわれる。

【0080】図14 (a) および図14 (b) は、形状要素の頂点に対して影響属性が設定された場合を示す図である。解析プリミティプA 1 3 1の頂点1 3 3に影響属性が設定されており、図14 (a) に示すように影響範囲は頂点1 3 3を中心とした立方体1 3 4で表わされる。影響度の強さは距離dによって表わされる。また、図14 (b) に示すように影響範囲が頂点1 3 3を中心とした球1 3 5で表わされるようにしても良い。解析

リミティブA 131を配置した後、影響範囲134または135に含まれる解析プリミティブB 132のメッシュ要素に対して疎密制御が行なわれる。

【0081】応力解析などの場合、解析条件設定によって、荷重条件が与えられた部品の稜線または頂点の近傍についてメッシュ要素サイズを小さくすることが解析精度を向上させる上で有効であることが知られており、稜線または頂点に影響属性が設定される。

【0082】以上説明したように、本実施の形態における解析装置によれば、メッシュ要素疎密制御部8が、部品の重要度および影響属性に基づいて、メッシュ要素の疎密制御を行なうようにしたので、解析条件を考慮したメッシュ要素分割を行なうことが可能となった。また、解析処理部9がそのメッシュ要素を用いて解析することにより、解析精度の向上および解析時間の短縮を図ることが可能となった。

【0083】また、メッシュ要素疎密制御部8は、部品の重要度および影響属性に基づいて、メッシュ要素の疎密制御を行なうので、設計者の経験知識に頼ることなくメッシュ要素の疎密制御を行なうことが可能となった。したがって、経験の浅い設計者であっても、解析精度の向上を図れるメッシュモデルを作成することが可能となった。さらには、形状要素の接触面のみではなく、その近傍に対して影響度が設定されるため、形状要素の近傍に対してもメッシュ要素の疎密制御を行なうことが可能となった。

【0084】今回開示された実施の形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態における解析装置の概略構成を示すブロック図である。

【図2】 本発明の実施の形態における解析装置の機能的構成を示すブロック図である。

【図5】

形状要素	影響範囲(形状)	影響度の強さ	変化率
立体	最大矩形の相似立体	拡大距離	r1
面	面の法線方向	面からの距離	r2
稜線	稜線を中心軸とする円柱	稜線からの距離	r3
頂点	頂点を中心とする球	頂点からの距離	r4

【図3】 本発明の実施の形態における解析装置の処理手順を説明するためのフローチャートである。

【図4】 重要度決定ルール12の一例を示す図である。

【図5】 影響属性生成ルール13の一例を示す図である。

【図6】 解析対象となる2つの解析プリミティブを示す図である。

【図7】 メッシュ要素に分割された解析プリミティブが配置されるところを示す図である。

【図8】 影響属性を考慮せずに疎密制御が行なわれた解析プリミティブを示す図である。

【図9】 影響属性を考慮して疎密制御が行なわれた解析プリミティブを示す図である。

【図10】 解析プリミティブの立体全体に対して影響属性が設定されているところを示す図である。

【図11】 変化率rが設定された解析プリミティブの疎密制御を説明するための図である。

【図12】 解析プリミティブの面に対して影響属性が設定されているところを示す図である。

【図13】 解析プリミティブの稜線に対して影響属性が設定されているところを示す図である。

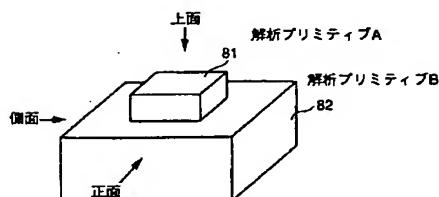
【図14】 解析プリミティブの頂点に対して影響属性が設定されているところを示す図である。

【図15】 従来の解析装置の処理手順を説明するためのフローチャートである。

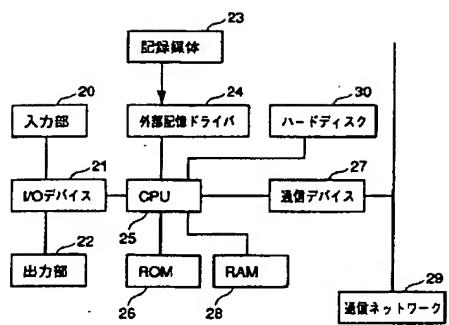
#### 【符号の説明】

1 制御部、2 解析プリミティブ生成部、3 形状入力部、4 解析条件入力部、5 部品重要度認識部、6 影響属性生成部、7 メッシュ要素生成部、8 メッシュ要素疎密制御部、9 解析処理部、10 表示部、11 解析プリミティブデータ格納部、12 重要度決定ルール、13 影響属性生成ルール、20 入力部、21 I/Oデバイス、22 出力部、23 記録媒体、24 外部記憶ドライバ、25 CPU、26 ROM、27 通信デバイス、28 RAM、29 通信ネットワーク、30 ハードディスク。

【図7】

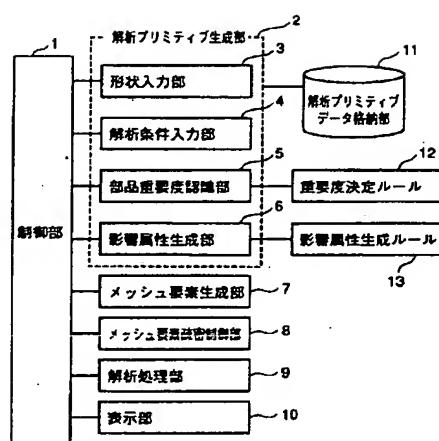


【図1】

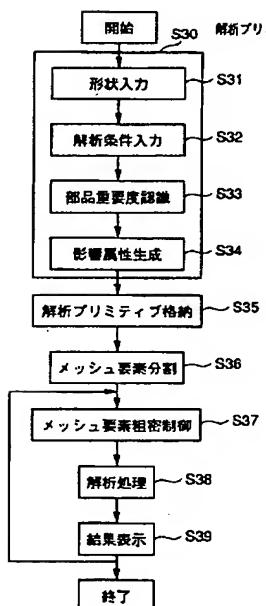


【図3】

【図2】



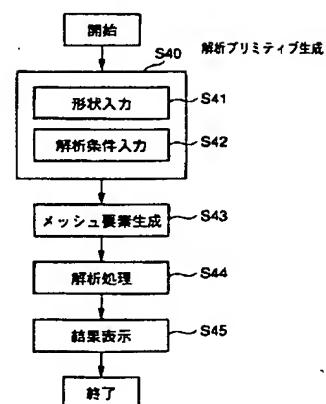
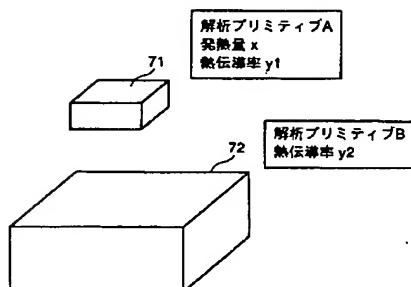
【図4】



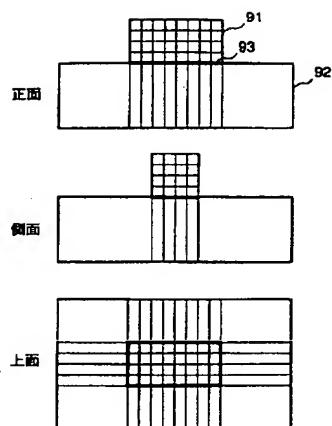
分析種類	重要部品候補	解析条件	主要部品例	固定形状要素	重要度
放熱	発熱体	発熱量	CPU	立体	1
放熱	発熱体	発熱量	電源	立体	1
放熱	放熱部品	熱伝導率、熱伝導係数	ヒートパイプ	面	2
放熱	放熱部品	熱伝導率、熱伝導係数	放熱板	面	2
放熱	放熱部品	熱伝導率、熱伝導係数	ファン部品	面	2
熱応力	発熱体	発熱量	CPU	立体、面	1
圧縮	接触部品	荷重	タブレット、LCD	立体、面	1
落下衝撃	衝撃部品	落下高さ	タブレット、LCD	立体、面	1

【図6】

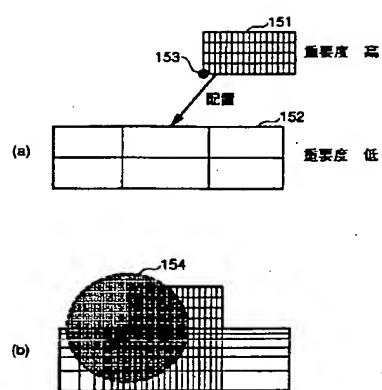
【図15】



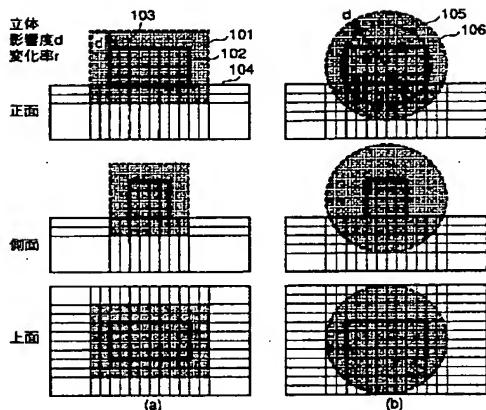
【図8】



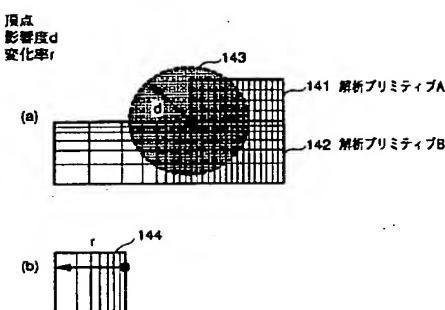
【図9】



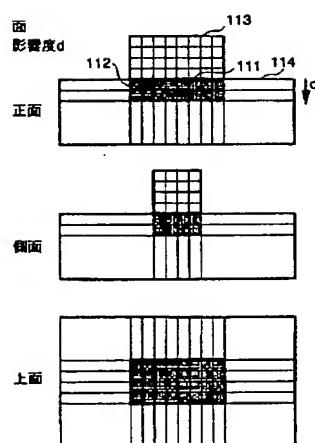
【図10】



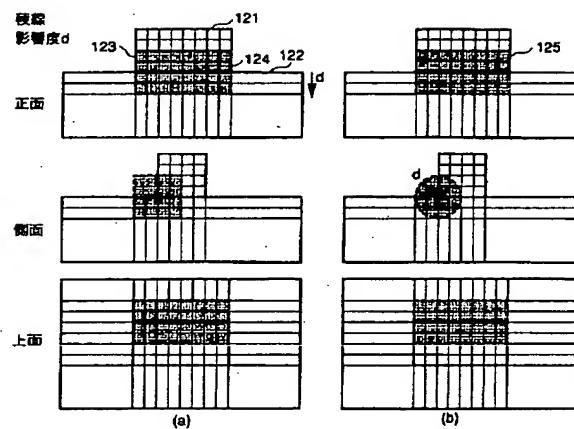
【図11】



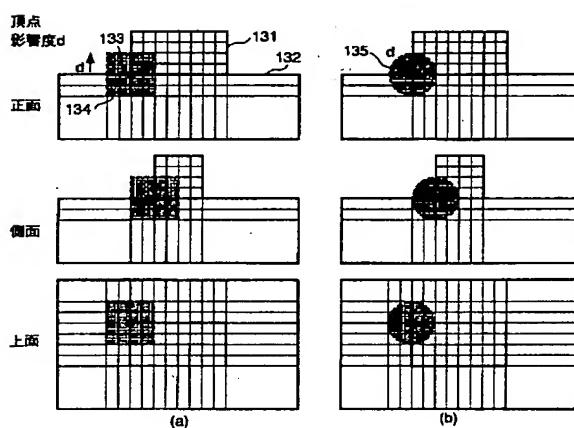
【図12】



【図13】



【図14】




---

フロントページの続き

Fターム(参考) 5B046 AA07 BA04 JA08  
 5B049 AA04 BB07 DD00 DD05 EE03  
 EE11 EE41 FF00 FF03 FF04  
 FF09 GG04 GG07